

# 現場作業者を支援する活動実績可視化基盤の構築

## Developing a Platform for Collecting and Visualizing Activity Results That Support Field Workers

古川 慈之\*<sup>1</sup>  
Yoshiyuki Furukawa

\*<sup>1</sup> 産業技術総合研究所  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

End-user development of software will be one of the key technologies towards the realization of participatory development of business information systems. In addition, it is important for the development to be successful that field workers as users can recognize the benefits of the system. This paper describes about developing a software platform for collecting and visualizing activity results of field workers, mainly in manufacturing industry. Our study aims at realizing end-user development of business information systems based on the proposed platform. We discuss how to implement them and what is recognized as benefits by users.

### 1. はじめに

業務システムの現場参加型開発の実現に向けては、使用者が自ら専用のソフトウェアを作成すること(エンドユーザ開発)の支援が重要と考えられ、さらにその開発が成功するためには、システムの導入によって現場が恩恵を実感できることが重要と考えられる。本稿では、エンドユーザ開発を支援するソフトウェア開発環境“MZ Platform”を用いた、現場の活動実績収集と可視化を実現する業務システム作成基盤の構築について述べる。

### 2. エンドユーザ開発と MZ Platform

エンドユーザ開発(End-User Development [Sutcliffe 04][Lieberman 06])とは、ソフトウェアおよびシステムの使用者が、自ら開発を実施する形態を指す。一般的な現場参加型開発[西村 13]においては、使用者が自ら開発を実施することまでは含まないと考えられるが、実際にソフトウェアおよびシステムを用いる現場が開発と運用により深く関わると、エンドユーザ開発に近い形態に移行することが見込まれ、そのような状況は業務システムの開発を内製に移行する産業界からの報告事例[日経 11][ICT 14]にも表れている。そのため、エンドユーザ開発で用いられる技術が現場参加型開発に貢献することが期待されている[古川 14]。

MZ Platform[Sawada 04][古川 06][澤田 15]は、エンドユーザ開発のためのソフトウェア開発環境である。MZ Platformを用いることで、Windows や Linux が動作する計算機(PC)上で動作するデスクトップアプリケーションおよび Web アプリケーションが、ソースコードを書かずに作成できる。既報[古川 14]では、MZ Platform の概要とそれを用いたエンドユーザ開発事例、およびエンドユーザ開発の課題と展望について述べた。また、別の既報[古川 15]では、MZ Platform をフィジカルコンピューティングと組み合わせることで、実世界で動作する機器まで含めた現場参加型開発が可能であることを示した。MZ Platform の開発は現在も続いており、エンドユーザ開発の支援機能とその中で用いる技術が向上することで、現場参加型開発に貢献することを目指している。

### 3. 業務システム作成用の活動実績可視化基盤

前報[古川 16]では、「MZ プラットフォームユーザー会」のウェブサイト[MZ]を通じて公開されている企業での開発事例を中心に分析し、現場作業者を支援する業務システム作成の流れと注意点について明らかにした。本節では、前報で明らかになった知見をふまえて、業務システムの中で活動実績の収集と可視化に注目し、実際の業務システム作成で共通する機能を統一的に提供する活動実績可視化基盤の構築について述べる。

#### 3.1 モデル事例: 作業実績報告システムの作成

前報[古川 16]と同様に、モデル事例として作業実績報告システムの作成を取り上げる(図 1参照)。ここでは工業用部品の金属加工を想定しており、受注した製品に対する加工工程が計画された後、その計画に基づいて作業指示書が発行され、各作業者はその指示に沿って加工作業を実施する。複数の工程を経て完成した製品は、検査を受けて出荷される。作業者は、作業開始と終了の時刻等を記録した書類を提出することで、作業実績を報告する。この作業実績報告をシステム化(IT化)することで、実績報告の集計を自動化し、進捗状況をリアルタイムに社内共有することを目標としているものとする。MZ Platform は、この IT 化の部分をソフトウェア作成の面で支援する。

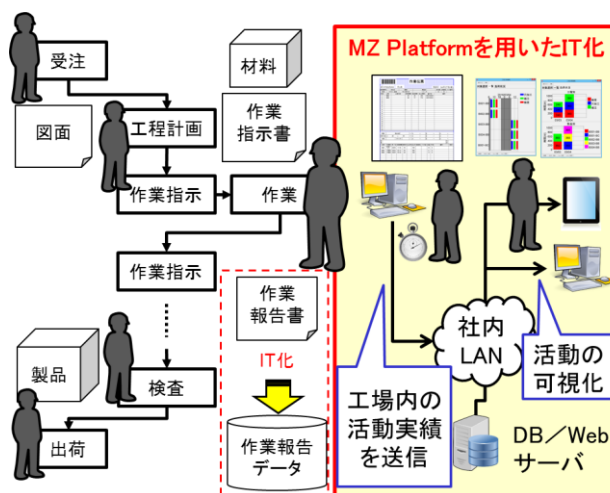


図 1: 作業実績報告システムの位置づけと IT 化

### 3.2 システム化の実現形態の選択肢

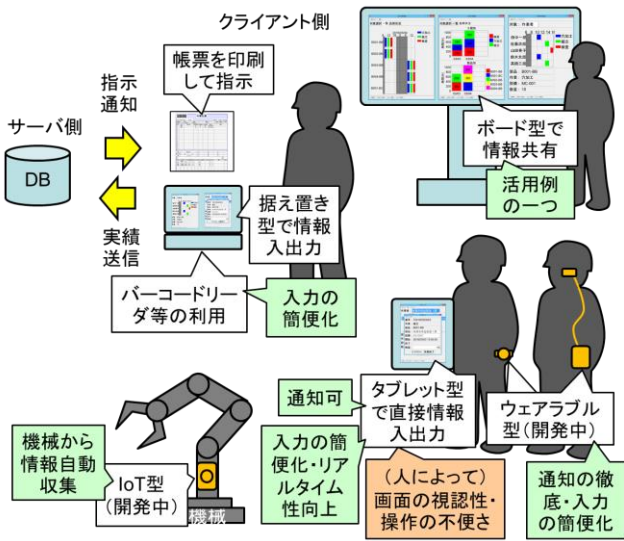


図 2: 作業実績報告システムの実現形態の選択肢

前報[古川 16]で明らかになった業務システム作成の注意点は次の通りである。

- データ入力の負担軽減や自動化が必要
- 作業員視点でのデータ入力の効果と活用が重要

これらの注意点を念頭に、システム化の実現形態の選択肢について図 2に示す。MZ Platformを用いた IT 化支援活動を開始した当初は、工場内に共用の PC を配置して、現場作業員が PC の前でデータ入力をする(据え置き型)程度しか選択肢はなく、キー入力やマウス操作による現場作業員の負担を軽減するために、バーコードや QR コードを用いた入力作業の簡略化が

多く採用された。その後、スマートフォンやタブレット端末等の導入という選択肢(タブレット型)が追加されるようになり、タブレット型でも MZ Platform によるエンドユーザ開発が可能な Web アプリケーション作成機能の追加で対応してきた。これらは共用の PC と異なり、現場作業員がその場でデータ入力可能で、システム側から各自への通知も可能となる。また、近年は大型ディスプレイの価格が低下し、据え置き型と同様に PC を配置して大画面で情報を提示すること(ボード型)も可能となっている。さらに、タブレット型よりも携帯性を向上させたウェアラブル端末の利用(ウェアラブル型)や、現場作業員ではなく機械から直接データ収集すること(IoT 型)も選択肢に入りつつある。当然ながら、このような実現形態の導入については、前述の注意点だけでなく、設備投資など組織全体としてのコストと導入効果を総合して判断する必要があるが、現場作業員の恩恵を最大化するためには、導入を可能な限り簡単にする仕組みの提供が必要である。

### 3.3 スマート製造プラットフォームの構想

これまでの MZ Platform を用いた IT 化では、主に人の活動実績を人が入力し、その情報を可視化して人が見ることが中心となっていた。今後は、前述の IoT 型のように機械から自動で情報を収集し、その結果は人が見るだけでなくシステムが自動で状況に応じて処理を実行するシステムを構築できる必要がある。この考えから、著者らは図 3に示す「スマート製造プラットフォーム」を構想し、その機能を実現するために研究開発を実施している。図の中央に示すように、MZ Platform を用いた IT 化はこれまで通り重要な位置を占めるが、その周辺に機械から情報を自動収集する機能を追加し、また得られた情報からシステム側で状況に応じて通知を発行する機能を追加する。なお、機械から情報を自動収集する機能を提供する製品が既に多数存在することから、各種規格に対応することで可能な限り多様な機器と連携できるようにする予定である。さらに、最も重要な点として、これら追加された機能が MZ Platform と一体で配布され、ユーザが独自に試せる環境を提供することを目標としている。

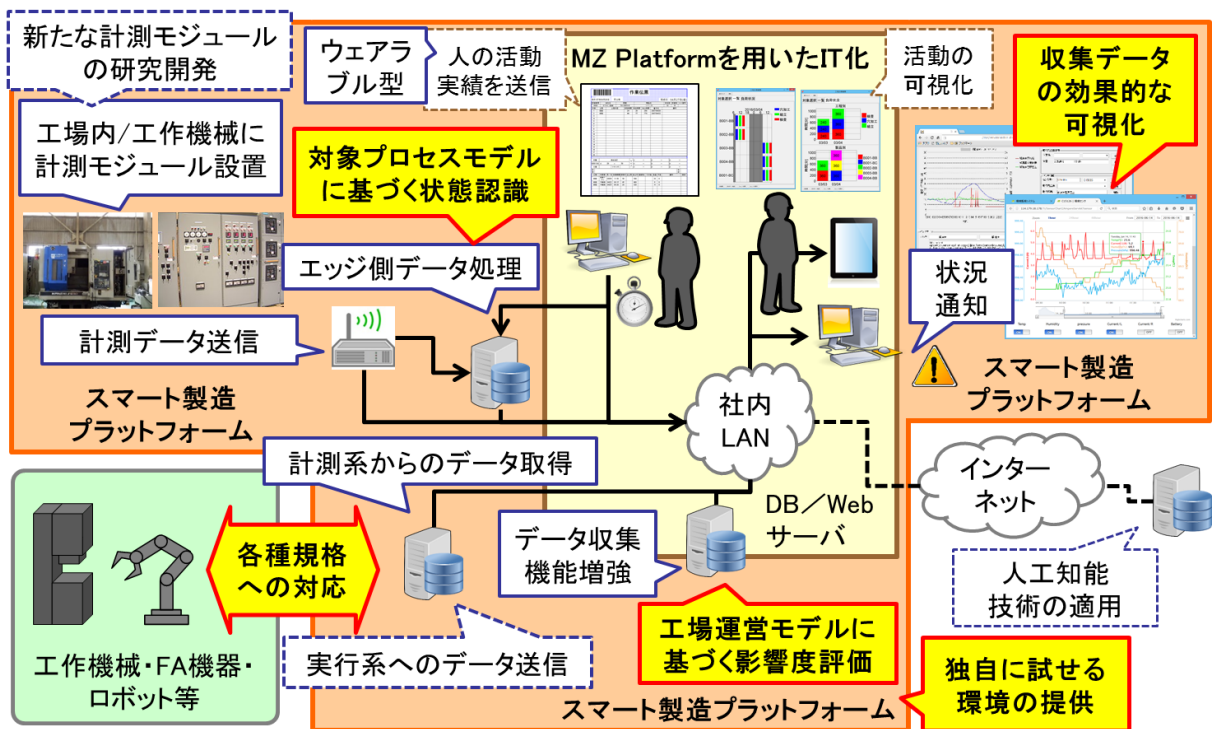


図 3: スマート製造プラットフォームの構想



#### 4. 活動実績可視化基盤の要素技術開発

本節では、前節で述べた活動実績可視化基盤の構想を実現するための要素技術に関して、現在実施している研究開発内容について述べる。対象とする内容は活動実績の収集と可視化に関する共通機能を統一的に提供するための要素技術であるが、MZ Platform では可視化機能として各種グラフやガントチャートなどのコンポーネントを既に標準で提供しており、それらを Web アプリケーションの機能としても利用可能である。そのため、可視化自体は既にあるコンポーネントの組み合わせで共通的なアプリケーションを構築することが想定される。一方、データの収集については利用可能な機器が常に新たに開発される一方、ユーザの多様なニーズをすべて満たすことは難しいという課題が存在する。このような課題に対して、ユーザにとっての入手性と導入の恩恵を考慮して、データ収集に関する新たな機器の利用方法を探索し、どのような選択肢が提供できるか検討している。

##### 4.1 腕時計型作業実績入力システム

前述のウェアラブル型の機能提供を目指して、腕時計型の機器を用いた作業実績入力システムの開発を実施している。これまでに試作したシステムの概要を図 4 に示す。腕時計型の機器としては、スマートウォッチの一種である Android Wear 搭載のソニー製 SWR50 を採用した。そのため、Android が OS として動作する端末（タブレット型）との組み合わせが必要である。Web サーバ経由でデータベースから取得した作業指示の一覧と詳細が端末側で表示され、腕時計側では作業指示番号を選択して、作業実績を少ない操作で入力し、Web サーバ経由でデータベースに登録する。また、外部のサービスと組み合わせることで腕時計側に個別の通知を表示できることまでを確認している。

試作システムでは、端末側および腕時計側は Android 用のアプリケーション開発環境でソフトウェアを作成し、Web サーバ側は PHP を用いてデータベース接続部分のソフトウェアを作成しているため、MZ Platform を用いたエンドユーザ開発環境の提供には至っていない。今後、ユーザが独自に作成したデータベースから自由に情報が取得でき、かつ端末側の表示内容や腕時計側の入力方法が設定ファイル等で簡単にカスタマイズできるように構成が実現できれば、端末側および腕時計側のソフトウェア部分を固定にして提供することが考えられる。

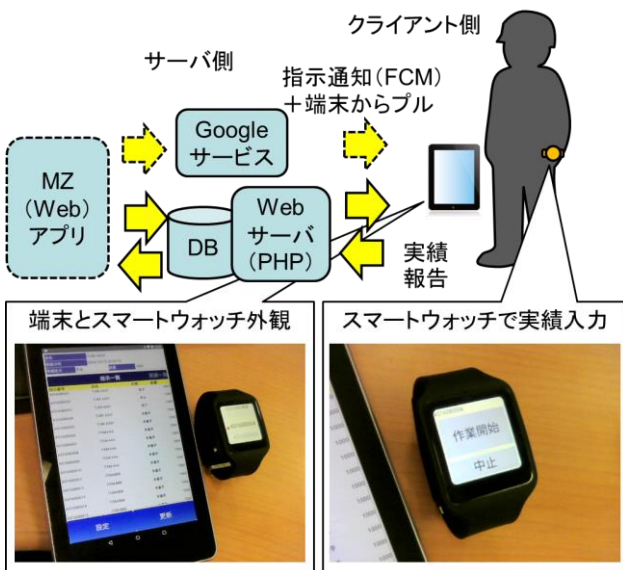


図 4: 腕時計型作業実績入力システムの概要

##### 4.2 プレス機稼働実績自動収集機器の試作

既報[古川 15]で述べたように、MZ Platform とフィジカルコンピューティングを組み合わせることで、人や機械から何らかのデータを取得してデータベースに情報を登録する活動実績収集機器を自作することが可能である。現在の構想では、この機器自作とシステム構築を支援することで、前述の IoT 型の機能提供を目指している。

ここでは、機械から自動で情報を収集するシステムの一例として、板金用のプレス機を対象にショット数を自動でデータベースに登録する機器を試作した。その概要を図 5 に示す。試作した機器では、プレス機を操作するフットスイッチに感圧センサを配置して、スイッチを操作した時に感圧センサの抵抗値の変化を電圧変化として計測して、その変化からプレス機のショット実績をデータベースに登録する。今回の試作の範囲では、フットスイッチを操作した時の電圧変化の範囲を観察し、経験的に設定した閾値を越えた時に 1 回のショットを実施したと解釈してデータを登録するものとした。センサからデータを取得してデータベースに送信する機器は小型 PC の Raspberry Pi を用いた。感圧センサの抵抗変化を電圧変化として取得する AD 変換はマイコンモジュールの Gainer mini を用いて、USB シリアル通信でデータを PC 側で取得する。Raspberry Pi は OS として Linux が動作し、MZ Platform アプリケーションが動作することが確認できているため、ソフトウェア部分はエンドユーザ開発環境が提供できる。

一方、使用する小型 PC やマイコンモジュールを固定したとしても、実際にデータを取得するセンサの選定や、その値からデータベースに登録するデータとして解釈する部分は、ユーザのニーズに応じて多種多様であることが想定される。ソフトウェア部分は MZ Platform によってエンドユーザ開発環境を提供することが可能として、今後はデータの解釈に関する共通機能の提供や、データ収集対象に応じたセンサ選定のガイドライン等を提供することが求められる。データの解釈に関する共通機能の提供については、データが示す意味や物理現象および業務との対応付けが必要であることから、データモデルや現象モデルおよび業務モデルを定義して相互に関連付けるツールの提供が必要になると想定される。

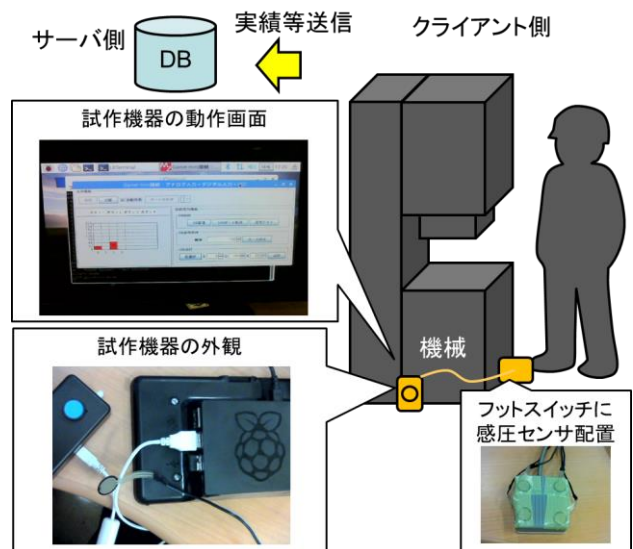


図 5: 実績データ自動収集機器の概要

### 4.3 無線センサによる機械稼働状況モニタリング

最後に、IoT 型の機能提供の一形態として、無線センサを用いた電流値の計測で機械の稼働状況モニタリングを実施する手法の研究開発について述べる。前項のフィジカルコンピューティングを用いた IoT 型機能提供では、機器の自作も含めて多様なデータ収集方法の実現を目指しているが、無線センサを用いたモニタリングは、逆に機器側のカスタマイズをせずに統一的な手法でどこまでデータ収集が可能か検証する位置づけである。

図 6 に無線センサによる機械稼働状況モニタリングの概要について示す。使用した無線センサ(GM3 社製 920MHz 帯環境センサ)はボタン電池で動作し、機械に電力供給する配電盤内に配置してクランプメータから電流を 1 分間隔で計測している。また、無線センサは配置された環境の温度、湿度、気圧も同時に計測しており、電池の電圧値も含めて定期的にデータを送信する。無線センサからのデータ送信は LAN に接続された受信機が受信し、サーバに送信してデータを蓄積している。蓄積されたデータは、Web ブラウザで自由に閲覧することができる。

金属等を切削加工するマシニングセンタを対象に、実際に計測した電流値の推移を図 7 に示す。赤の折れ線が電流値の推移を示して、実際の機械操作について作業者にインタビューし、その内容を注釈として記載している。この例では、電源を入れてから切るまでの間で、加工中の主軸高速回転で大きな電流値が計測されることから加工状態が判別可能と考えられる。また、加工待機中でも一定程度の電流値が記録されているが、加工中との違いは判別可能と考えられる。このように、まだ詳細な分析は必要であるが、現時点でも電流値の変化だけで機械の稼働状況が自動で認識できる可能性は高い。同一の無線センサを複数の協力企業に依頼して設置し、現状は旋盤とマシニングセンタ、放電加工機、局所排気装置などを対象に長期的に電流値を記録している。

現状は、サーバ側でデータを蓄積してグラフを描画するソフトウェアの部分は個別に作成したものを使用しており、まだデータを蓄積して Web ブラウザで閲覧して稼働状況を人が分析している段階である。今後は、サーバ側のソフトウェアを MZ Platform の一部として配布し、グラフ表示部分のカスタマイズや、条件を指定することでシステム側から自動通知を実現する機能の提供を実施する予定である。

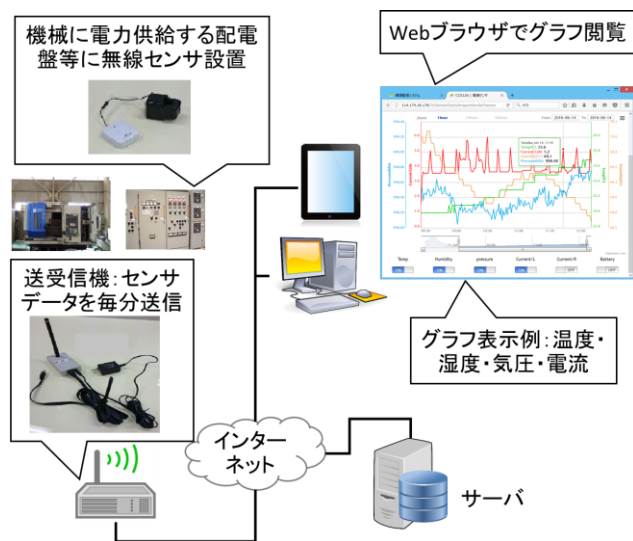


図 6: 無線センサによる機械稼働状況モニタリングの概要

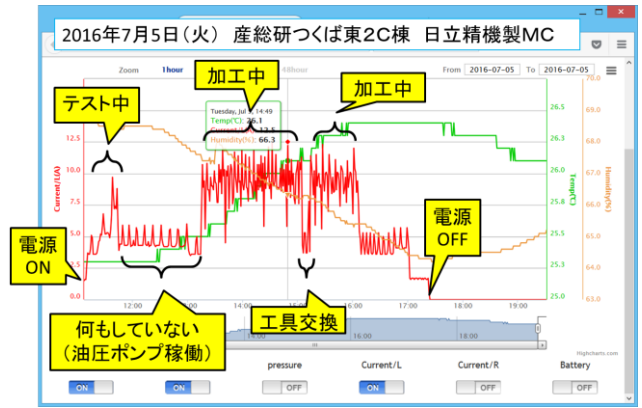


図 7: 機械稼働状況モニタリング例

### 5. まとめ

本稿では、エンドユーザ開発を支援するソフトウェア開発環境 MZ Platform を用いた、現場の活動実績収集と可視化を実現する業務システム作成基盤の構築について述べた。現在は、MZ Platform を用いた IT 化を中心に、機械から情報を自動収集する IoT 型の機能拡張を目指してスマート製造プラットフォームを構想し、その実現に向けて要素技術の研究開発を実施している。今後は、現場が最小限の労力で IT 化の恩恵を最大化できるように、MZ Platform と一体でスマート製造プラットフォームの機能実装を配布し、現場参加型開発に貢献する予定である。

### 参考文献

- [Sutcliffe 04] Sutcliffe, A., Mehandjiev, N.: End-User Development, CACM, 47(9), pp.31-32, 2004.
- [Lieberman 06] Lieberman, H., et al.(ed.): End-User Development, Springer, pp.31-32, 2004.
- [西村 13] 西村ら: 特集「介護・医療システムの現場参加型開発」にあたって, 人工知能学会誌, 28(6), p.879, 2013.
- [日経 11] 日経コンピュータ編: 開発・改良の切り札 システム内製を極める, 日経 BP, 2011.
- [ICT 14] ICT 経営パートナーズ協会: 超高速開発が企業システムに革命を起こす, 日経 BP, 2014.
- [古川 14] 古川ら: 業務システムを対象としたエンドユーザ開発支援の課題と展望, 2014 年度人工知能学会全国大会(第 28 回)論文集, 1L4-NFC-05a-3in, 2014.
- [Sawada 04] Sawada, H., et al., Y.: A Manufacturing Software Development and Operation Framework "MZ Platform" and its Applications in Industry, In Proc. of Advanced Engineering Design, 2004.
- [古川 06] 古川ら: MZ Platform イベント駆動型コンポーネント指向開発環境を用いたエンドユーザ開発への試み, 情報学会第 68 回全国大会講演論文集(1), pp.199-200, 2006.
- [澤田 15] 澤田ら: 高度な専門知識不要の IT システム開発ツール: MZ Platform - 製造業におけるエンドユーザ開発の実現 -, Synthesiology, 8(3), pp.158-168, 2015.
- [古川 15] 古川ら: 業務システムのエンドユーザ開発とフィジカルコンピューティング, 2015 年度人工知能学会全国大会(第 29 回)論文集, 14-NFC-05a-1, 2015.
- [MZ] MZ ユーザー会: <https://ssl.monozukuri.org/mzplatform/>
- [古川 16] 古川: 現場作業者を支援する業務システム構成要素に関する事例分析, 2016 年度人工知能学会全国大会(第 30 回)論文集, 1J4-NFC-04a-2, 2016.